# 日本国特許庁
# JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: ２００３年　７月　７日

出願番号
Application Number: 特願２００３－２７１２９８

[ST. 10/C]: ［ＪＰ２００３－２７１２９８］

出願人
Applicant(s): 株式会社アルバック

２００３年　８月１５日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 今井康夫

出証番号　出証特２００３－３０６６７９３

【書類名】　特許願
【整理番号】　K030124
【提出日】　平成15年 7月 7日
【あて先】　特許庁長官　殿
【国際特許分類】　H01L 21/203
C23C 14/34
【発明者】
【住所又は居所】　千葉県山武郡山武町横田５２３　株式会社アルバック　千葉超材料研究所内
【氏名】　森中　泰三
【発明者】
【住所又は居所】　千葉県山武郡山武町横田５２３　株式会社アルバック　千葉超材料研究所内
【氏名】　鈴木　寿弘
【発明者】
【住所又は居所】　千葉県山武郡山武町横田５２３　株式会社アルバック　千葉超材料研究所内
【氏名】　谷　典明
【特許出願人】
【識別番号】　000231464
【住所又は居所】　神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００番地
【氏名又は名称】　株式会社アルバック
【代理人】
【識別番号】　100060025
【弁理士】
【氏名又は名称】　北村　欣一
【電話番号】　03-3503-7811
【選任した代理人】
【識別番号】　100099287
【弁理士】
【氏名又は名称】　吉岡　正志
【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】　特願2002-301961
【出願日】　平成14年10月16日
【手数料の表示】
【予納台帳番号】　012449
【納付金額】　21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】　特許請求の範囲　1
【物件名】　明細書　1
【物件名】　図面　1
【物件名】　要約書　1
【包括委任状番号】　0108838

【書類名】特許請求の範囲
【請求項１】
ともに基板に対向するスパッタ成膜源と反応ガス源との両原料供給源を真空室内に設けた薄膜形成装置において、前記真空室の真空排気を行う主排気口を前記両原料供給源のうち前記反応ガス源寄りに配設し、反応ガス導入口と反応ガス排出口とを設けた前記反応ガス源を作動させる反応工程と、スパッタガス導入口を設けた前記スパッタ成膜源を作動させる成膜工程とをそれぞれ行う制御系を備えることを特徴とする薄膜形成装置。
【請求項２】
前記制御系は、前記反応及び成膜の両工程のいずれか一方の工程開始を他方の工程終了以降とすることにより、該両工程を交互に行うことを特徴とする請求項１に記載の薄膜形成装置。
【請求項３】
前記制御系は、前記反応工程を持続した状態で、間断を挟みながら前記成膜工程を繰り返して行うことを特徴とする請求項１に記載の薄膜形成装置。
【請求項４】
前記反応ガス源が、反応ガスプラズマ発生器から成り、該プラズマ発生装置に近設した前記主排気口と前記反応ガス排出口とにそれぞれコンダクタンス調整弁を備えることを特徴とする請求項１乃至３のいずれか１項に記載の薄膜形成装置。
【請求項５】
請求項２に記載の薄膜形成装置を用い、成膜時にスパッタガス及び反応ガスを継続して供給した状態で、前記両原料供給源のうち、前記スパッタ成膜源を作動させて行う成膜工程と、前記反応ガス源を作動させて行う反応工程との両工程のいずれか一方の工程開始を他方の工程終了以降とすることにより、該両工程を交互に行うことを特徴とする薄膜形成方法。
【請求項６】
請求項３に記載の薄膜形成装置を用い、成膜時にスパッタガス及び反応ガスを継続して供給した状態で、前記両原料供給源のうち、前記スパッタ成膜源を作動させて行う成膜工程を持続した状態で、前記反応ガス源を作動させて行う反応工程を、間断を挟みながら繰り返して行うことを特徴とする薄膜形成方法。
【請求項７】
請求項１乃至３のいずれかに記載の薄膜形成装置が備える制御系は、あらかじめ、所定のスパッタガス流量における反応ガス流量と、該反応ガス流量に応じて高速金属種成膜モードと低速化合物種成膜モードと中間成膜モードとの高中低速３モードから成るスパッタ成膜速度とを参照データとして記憶し、前記所定のスパッタガス流量下の成膜時に、前記高速金属種成膜モードに対応する前記反応ガス流量と前記スパッタガス流量とを選択し、該選択された反応及びスパッタの両ガス流量比を保つように該両ガス流量を制御することにより、前記成膜工程が前記反応工程より支配的である状態と、前記反応工程が前記成膜工程より支配的である状態とを選択可能にしたことを特徴とする薄膜形成方法。
【請求項８】
前記成膜工程中の薄膜の膜厚成長を、一成膜工程あたり２０Å以下とすることを特徴とする請求項５乃至７のいずれか１項に記載の薄膜形成方法。

【書類名】明細書
【発明の名称】薄膜形成装置及び薄膜形成方法
【技術分野】
【０００１】
本発明は、薄膜形成装置及び薄膜形成方法に関し、特に、金属化合物膜の形成装置及びこれに用いる薄膜形成方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
光学素子分野において、スパッタ法を用いて金属化合物薄膜（酸化膜、窒化膜、フッ化膜等）を高速で精度良く形成することが要求されている。
【０００３】
しかしながら、スパッタ法により薄膜形成を行う場合、金属薄膜形成の場合と異なり、例えば金属酸化物などの金属化合物から成るターゲットを用いると薄膜堆積速度が非常に遅くなる。このため、金属ターゲットを用い、スパッタ雰囲気中に反応ガス（例えば酸素、窒素、フッ素ガスなど）を導入する反応性スパッタ法により金属化合物薄膜の成膜を行う場合もあるが、反応ガスの供給を過大にするとスパッタ成膜速度が著しく低下することがある。
【０００４】
そこで、高い成膜速度を維持するために、最初に、スパッタ法により金属から成る超薄膜を基板上に堆積し、次に、反応ガスを起源とするプラズマや活性種をこの超薄膜に対して照射してこれを金属化合物薄膜に変換し、さらに、このような超薄膜堆積と化合物薄膜変換との工程を複数回繰り返すことにより、所望膜厚の金属化合物膜を形成する方法が開示されている（例えば、特許文献１乃至４）。
【０００５】
ところが、これらの従来方法のための成膜装置では、スパッタ領域と反応領域との間で基板を繰り返して移動させるため、膜厚を高精度で制御することが難しく、また、装置構成の大型化、複雑化を伴うという問題がある。
【０００６】
即ち、特許文献１及び２のスパッタ成膜装置は、図１で略断面図として示すようなカルーセル式に構成される。図１を参照して、装置１０内は、紙面左右方向のスパッタ成膜領域（金属成膜領域）１１と酸化領域（反応領域）１２と、中央部分の基板回転機構１３とが配置されている。そして、スパッタ成膜領域１１は、ターゲット１４とこれと一体的に構成されたスパッタカソード１５とこれらの近傍に設けられたスパッタガス導入口１６とで構成され、また、酸化領域１２は、マイクロ波励起プラズマ発生装置１７とその近傍に設けられた酸素ガス導入口１８とで構成されている。また、基板回転機構１３は、基板１９が載置された状態で回転する回転ドラム１９ａで構成される。
【０００７】
このようにして構成されたスパッタ装置１０では、所定の圧力条件に設定された真空室内で、スパッタガス導入口１６と酸素ガス導入口１８とからそれぞれ所定流量のアルゴンガス及び酸素ガスが導入された状態で、回転ドラム１９ａが回転し、ターゲット１４とプラズマ発生装置１７とに基板１９が対向する際に、それぞれ成膜工程と酸化工程とが交互に行われる。
【０００８】
また、特許文献３及び４のスパッタ成膜装置は、図２で略断面図として示すような基板回転式に構成される。図２を参照して、装置２０内は、紙面左右方向のスパッタ領域（金属成膜領域）２１と酸化領域（反応成膜領域）２２とに分けられている。そして、金属成膜領域２１は、ターゲット２４とこれと一体的に構成されたスパッタカソード２５とこれらの近傍に設けられたスパッタガス導入口２６とで構成され、また、酸化領域２２は、マイクロ波励起プラズマ発生装置２７とその近傍に設けられた酸素ガス導入口２８とで構成されている。また、金属成膜領域２１と酸化領域２２との上方に、図外の回転基板ホルダ

に保持された回転基板２９が設けられている。本装置２０においては、所定の圧力条件に設定された真空室内で、スパッタガス導入口２６と酸素ガス導入口２８とからそれぞれ所定流量のアルゴンガス及び酸素ガスが導入された状態で、回転基板２９が回転し、ターゲット２４とプラズマ発生装置２７とに基板２９が対向する際に、それぞれ成膜工程と酸化工程とが交互に行われる。

【０００９】

上記した従来装置は、成膜工程を行うスパッタ成膜領域１１、２１と反応工程を行う反応領域１２、２２とに交互に出入できるように基板１９、２９を回転させる方式を採用しているが、成膜対象である基板位置が常に変化するため、安定した信頼性の高い成膜を行うことは難しい。また、この装置構成に要する回転機構は装置の大型化、複雑化を伴うことは前述した通りである。

【００１０】

また、図１及び図２においては、スパッタ成膜領域１１及び２１と反応領域１２及び２２とを隔壁１０ａ及び２０ａにより空間的に分割している。しかしながら、各領域を気密にすることは構造上難しく、基板が成膜領域と反応領域との間を移動する際に、反応工程用に導入した酸素ガスなどの反応領域の反応雰囲気を成膜領域側に持ち込むことになる。そして、これによりターゲット表面が変質するおそれがある。即ち、成膜条件の不安定化の危惧が常時あるため、安定した品質の成膜を妨げる重要な要因となっている。

【００１１】

このように成膜工程側に持ち込まれた残留ガスの干渉を排除するためには、反応工程終了時に反応ガスの供給を停止したうえで相当時間の真空作動排気を行って反応ガスを有効に除去した後に、成膜工程に移行することも考えられるが、このような方法は工程切り替えに長時間を要することになり極めて効率が悪い。

【特許文献１】特開平１１－２５６３２７号公報（図１）
【特許文献２】特開平３－２２９８７０号公報（第８図）
【特許文献３】特公平８－１９５１８号公報（第４図）
【特許文献４】米国特許４４２０３８５号明細書（図２及び図４）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１２】

本発明は、上記問題点に鑑み、簡素な装置構成で、信頼性に優れた成膜を効率的に行い得る薄膜形成装置及びこれを用いたときの薄膜形成方法を提供することを課題としている。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

上記課題を解決するため、本発明は、ともに基板に対向するスパッタ成膜源と反応ガス源との両原料供給源を真空室内に設けた薄膜形成装置を、真空室の真空排気を行う主排気口を両原料供給源のうち反応ガス源寄りに配設し、反応ガス導入口と反応ガス排出口とを設けた反応ガス源を作動させる反応工程と、スパッタガス導入口を設けたスパッタ成膜源を作動させる成膜工程とをそれぞれ行う制御系を備える装置構成とした。

【００１４】

これによれば、真空室内は、主排気口による真空排気により、主排気口とスパッタ源との間にスパッタガス流路を成膜時に常時確立することができる。このため、反応ガス源から放出される反応ガスは、所望の反応のために励起されて基板方向に照射されるもの以外は、上記のスパッタガス流によるガスカーテンで遮蔽されるので、スパッタターゲットなどのスパッタ成膜源の近傍に滞留する事態が抑制される。したがって、反応ガス源から放出される反応ガスの供給停止せずにこれを常時供給する状態にしておいても、ある適当な条件下においては成膜速度の低下を回避できる。

【００１５】

このとき、反応ガスも含めた反応ガス源を上記のようなガスカーテンで隔離できるため

、反応ガス源を作動させる反応工程と、スパッタガス導入口を設けたスパッタ成膜源を作動させる成膜工程との両工程を制御する制御系により、両工程が互いの干渉を生じないようにすることが可能となる。したがって、従来装置のように基板を回転させて成膜領域と反応領域とに交互に移動させる必要がなくなる。

【００１６】

一方、成膜工程と反応工程との干渉を防止した上記構成の薄膜形成装置を用いる場合、後述するようにその成膜速度は、高速金属成膜領域と低速反応成膜領域と中間成膜領域との高中低速３領域から成る速度曲線上に収束する相関が認められており、これを利用した制御を行うことで、信頼性の高い成膜を行うことができる。

【００１７】

この制御には、具体的には２種類の方式がある。即ち、一方は、反応及び成膜の両工程のいずれか一方の工程開始を他方の工程終了以降とすることにより、両工程が重複することなく交互に行われるようにするものである。そして、他方は、反応工程を持続した状態で、間断を挟みながら成膜工程を繰り返して行う、つまり、反応工程作動下で成膜工程をパルス状に行うものである。

【００１８】

いずれも、基板を静止させた固定成膜が可能になることはもちろんのこと、成膜工程をパルス状にオン／オフすることが可能になり、このため、高いパワーでの成膜を行うことができる。

【００１９】

即ち、反応工程と成膜工程との両工程の分離を、その配置にのみ依存させた従来例の構成では、上記したように、両工程の干渉に起因して、成膜工程に関与するスパッターゲットが反応ガス源からの酸素ガスなどにより化合されて成膜効率の低下が生じるなどの不具合が懸念される。このための対策として、高いパワーで成膜工程を行うのが望ましいが、上記した両工程の干渉のおそれがある従来例技術の場合は、要するパワーは想定以上に高くなり、しかもそれを持続的に印加することになり、新たに成膜時の厚膜化の問題が生じることになる。このため、上記したような基板上に堆積させた超薄膜を金属化合物薄膜に変換する際に考慮すべきパラメータが増え、これを制御するのが難しくなる。

【００２０】

これに対し、本発明は、ガスカーテンによる干渉防止に加え、成膜工程をパルス状にオン／オフすることにより、厚膜化という新たな問題を生じることなく信頼性の高い成膜を実現することができるのである。

【００２１】

また、このときの薄膜形成装置の具体的構成として、反応ガス源に、マイクロ波プラズマ発生装置、イオンガン及びボンバード機構などの反応ガスプラズマ発生器を用い、このプラズマ発生器に近設した主排気口と反応ガス排出口とにそれぞれコンダクタンス調整弁を備えることにより、上記した反応ガスの常時供給を継続する条件が整う。

【００２２】

即ち、このようなコンダクタンス調整弁を用いると、スパッタガス及び反応ガスの流量比を調整できる。上記構成の薄膜形成装置を用いる場合、スパッタ成膜速度は、スパッタガス流量と反応ガス流量とを変数として、高速金属成膜領域と低速反応成膜領域と中間成膜領域との高中低速３領域から成る速度曲線上に収束する相関が認められる。換言すれば、所定のスパッタガス流量において反応ガス流量によりスパッタ成膜速度を上記高中低速３領域で制御でき、上記したコンダクタンス調整弁が流量調整機能を担うことになるのである。

【００２３】

このような薄膜形成装置を用いると、成膜時にスパッタガス及び反応ガスを供給し続けても、反応ガスによる成膜工程への影響やターゲット材質の変質が抑制されるため、成膜工程と反応工程との切り替えを短時間で行うことができ、しかも、成膜工程と反応工程とが切り替え可能であるため、成膜工程をパルス状の印加パワーで行うことにより、所望膜

厚での成膜を行うことができ、信頼性の高い効率的な成膜を可能にする。また、上記したように静止固定された基板を用いることができるため、回転基板機構を搭載するときの装置複雑化やこれに伴うコスト増を回避することができ、さらに、回転基板では適用が困難であるインライン式スパッタ成膜への転用も可能となる。

【００２４】

そして、上記薄膜形成装置を用いて、成膜時にスパッタガス及び反応ガスを継続して供給した状態で、両原料供給源のうち、スパッタ成膜源のみを作動させて金属超薄膜の高速成膜を行う成膜工程と、反応ガス源のみを作動させて金属超薄膜の膜厚方向に亘って化学反応を行う反応工程とを、上記２種類方式のいずれかに基づいて交互に繰り返すことにより、良好な膜質を備えた金属化合物膜の成膜を所望膜厚まで効率的に行うことができる。

【００２５】

このときの交互作動は、上記のように、成膜工程と反応工程とを、いずれか一方の工程開始を他方の工程終了以降とすることにより、両工程を交互に行う方式でも、成膜工程を持続した状態で、間断を挟みながら反応工程を繰り返して行う方式のいずれかが可能である。

【００２６】

即ち、スパッタ成膜源をパルス的にオン／オフ作動させ、反応ガス源は連続的に作動させた場合も含め、基板上では金属薄膜（超薄膜）の成膜が支配的な工程と反応工程（金属化合物薄膜への変換）が支配的な工程が交互に繰り返されるので良好な膜質を備えた金属化合物膜の成膜を所望膜厚まで効率的に行うことができる。

【００２７】

即ち、上記成膜時の薄膜形成装置の制御系により、あらかじめ、所定のスパッタガス流量における反応ガス流量と、この反応ガス流量に応じて高速金属種成膜モードと低速化合物種成膜モードと中間成膜モードとの高中低速３モードから成るスパッタ成膜速度とを参照データとして記憶し、所定のスパッタガス流量下の成膜時に、高速金属種成膜モードに対応する反応ガス流量とスパッタガス流量とを選択し、この選択された反応及びスパッタの両ガス流量比を保つように両ガス流量を制御する。これにより、スパッタ成膜速度の低下を招くことを回避でき、さらに、成膜工程が反応工程より支配的である状態と、反応工程が成膜工程より支配的である状態とを選択可能にできるので、このような両工程のいずれかがより支配的である状態を交互に繰り返すことにより、所望膜厚の成膜が可能となる。

【００２８】

なお、この場合に、上記した成膜工程中の薄膜の膜厚成長を、一成膜工程あたり２０Å以下に留めることが望ましい。このようにすれば、成膜工程で堆積形成した薄膜の膜厚に阻まれることなく、その超薄膜に対してその後の反応工程の化学反応が全体的に及び、良好な膜質の金属化合物膜を生成することができる。

【発明の効果】

【００２９】

本発明の薄膜形成装置を用いて、基板上に化合物膜の成膜を行うと、スパッタガス流による反応ガスの遮蔽効果が得られ、反応ガスが基板やターゲット近傍に残留するのを抑制した状態で、成膜工程と反応工程とが進行する。そして、スパッタガス及び反応ガスを供給し続けた状態でも、パルス状にオン／オフ作動させることにより、成膜工程においては金属種の成膜時特有の高い成膜速度で成膜が行われ、反応工程においては適量の反応ガスを用いて、膜厚方向の全体に亘って反応が行われ、この結果、厚膜化などを生じることなく、所望の膜質の薄膜を効率的に行うことができる。また、アルゴンガス流によりスパッタ源と反応ガス源とが分離されるので、成膜安定性に優れた静止基板成膜方式を用いることができる。このような成膜方式は装置構成が簡素になり、コスト低減も可能になる。

【００３０】

さらに、インライン式装置に転用した場合、固定成膜のみならず通過成膜も可能であり、このような装置に搭載することにより、成膜の高効率化にも対応可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３１】

図３は、本発明の薄膜形成装置の第１態様を示す略断面図である。図３において、装置チャンバ３０下方底面上の一方の側面に近い領域には、Ｓｉターゲット３４を一体的に載置したカソード３５が設置されている。一体的に構成されたターゲット３４とカソード３５とは、スパッタガス導入口３６を内設した防着板３１により粒子出射方向を除いて覆われている。なお、カソード３５の作動にはＤＣ電源が用いられている。

【００３２】

また、装置チャンバ３０内下方底面上の他方の側面に近い領域にマイクロ波ガン３７が設置されており、マイクロ波ガン３７は、酸素ガス導入口３８を内設した防着板３２によりマイクロ波照射方向を除いて覆われる。さらに、防着板３２により覆われた底面には図中３３に示すターボ分子ポンプに連なる酸素ガス排気口４０が第１コンダクタンスバルブ４１を介して設けられ、マイクロ波ガン３７を内在するようなチムニー構造としている。

【００３３】

そして、上方領域には、基板ホルダ３９ａに保持された基板３９を固定して設け、基板３９に対してターゲット３４とマイクロ波ガン３７とがともに対向するように配置されている。さらに、装置チャンバ３０の側面に、第２コンダクタンスバルブ４２を介して図外の真空ポンプに連なる主排気口４３が設けられている。

【００３４】

このとき第１及び第２の両コンダクタンスバルブ４１、４２は、図外の制御系によりそれぞれの開度の増減を制御できるようにされている。さらに、装置チャンバ３０内下方底面中央には、隔壁４４が設けられている。ここで、隔壁４４は、その先端４４ａが、互いに対向する基板３９とターゲット３４とのそれぞれの最側端同士を直線で結んで形成される仮想的なスパッタ粒子飛行領域内と、互いに対向する基板３９とマイクロ波ガン３７とのそれぞれの最側端同士を直線で結んで形成される仮想的なマイクロ波照射領域内とに突出しないように配置される。

【００３５】

このような薄膜形成装置３０による成膜時に求められるのは、上記したように、酸素ガスの流入によるターゲット３４表面の変質を避けながら効率的に成膜を行うことであり、本発明では、図中にスパッタガス流として示したアルゴンガスによる遮蔽効果を利用する。

【００３６】

即ち、上記したようにスパッタ法により金属から成る超薄膜を基板上に堆積し、次に、反応ガスを起源とするプラズマや活性種をこの超薄膜に対して照射してこれを金属化合物薄膜に変換し、さらに、このような超薄膜堆積と化合物薄膜変換との工程を複数回繰り返す場合、スパッタガスを所定流量に固定した状態で酸素ガス流量を変更すると、各酸素ガス流量における成膜速度は、図４に示す相関を示す。（ただし、スパッタガスとしてアルゴンを１００ｓｃｃｍ、成膜圧力を０．３Ｐａとした。）図４のスパッタ成膜速度が高水準で推移する領域は、成膜速度の大きな金属種成膜モード（Metal mode）に対応し、スパッタ成膜速度が低水準で推移する領域は、成膜速度の小さな酸化物種成膜モード（Oxide mode）に対応する。さらに、金属種成膜モードから酸化物種成膜モードへの過渡期部分を中間成膜モードとして、スパッタ成膜速度をこれら高中低速３モードに分類することができる。

【００３７】

上記した金属種成膜モードでは、アルゴンガスによる遮蔽効果で酸素ガスの流入が防止され、基板に付着する堆積種が専ら金属種により行われ、このような金属種特有の高い成膜速度が維持される。一方、酸化物種成膜モードにおいては、酸素ガス流量の増大に伴ってアルゴンガスの遮蔽効果が低下し、酸素ガスを含んだ反応雰囲気が基板側に持ち込まれターゲットの変質などを生じさせて成膜速度の低下を招くのである。

【００３８】

ところで、金属種成膜モードにおいて専ら金属種から成る堆積種は化学的に活性であるため、相当の膜厚に形成される以前であれば、基板上へ堆積した後も反応性に富む。このため、ある程度の膜厚に形成された後に酸化反応を行うことにより、堆積膜がその全体に亘り膜厚方向に酸化される。そして、結果物として金属酸化物膜が形成されるが、上記の相当膜厚以上の薄膜形成が望まれるときは、専ら金属種による超薄膜堆積と酸化反応とを繰り返すことで対応可能である。このときの金属酸化物膜の成膜速度は、金属種成膜速度モードの金属種の高い成膜速度と、堆積した金属種に対する酸化反応速度とに依り、上記した酸化物種成膜モードの成膜速度に比べ格段に優れたものである。本発明装置は、このような効率的な成膜を行うためのスパッタガス及び反応ガスの流量調整機構と堆積膜反応機構とを備えるものである。

【００３９】

図３の装置３０を用いて基板３９上に$SiO_2$膜の成膜を行うに際しては、主排気口３３ｂよりの真空排気を行って装置内部を所定の圧力状態とした後に、スパッタガス導入口３６より所定流量のアルゴンガスを導入すると共に、酸素ガス導入口３８より所定流量の酸素ガスを導入しながら、真空室内の圧力を所定の定常状態とする。このときのアルゴンガスと酸素ガスとの導入流量は、図外の制御系により第２コンダクタンスバルブ４２を調整することにより、例えば、０．３Ｐａでの定常圧力下でアルゴンガス１００ｓｃｃｍに対して酸素ガス５０ｓｃｃｍ程度の流量差とする。この流量比は、ターゲット３４表面が酸化されないようにアルゴンガスによる遮蔽効果が十分発揮され、さらにこれにより比較的高速のスパッタ成膜速度が維持できるように設定される。なお、このような流量比については、図３の装置内部に設けたイオンゲージＡ（アルゴンガス用）及びイオンゲージＢ（酸素ガス用）によりおおよその傾向を確認することができる。

【００４０】

そして、図外のＤＣ電源によりＳｉターゲット３４への所定電力（例えば１ｋＷ）を投入したうえでカソード３５を出力待機状態とする。一方、マイクロ波ガン３７に接続するマイクロ波電源（図示せず）により所定電力（例えば０．５ｋＷ）を投入したうえでマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とする。

【００４１】

この状態で、上記した制御系により、カソード電源の作動による成膜工程とマイクロ波電源の作動による酸化工程（反応工程）とをそれぞれ所定時間ずつ交互に繰り返して行う。このとき、成膜工程及び酸化工程に亘って酸素ガスより優勢な流量のアルゴンガスのガス流路がアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口４３方向に常時確立される。このため、酸素ガス導入口３８から導入される酸素ガスは、マイクロ波電源の作動によりマイクロ波に励起され、酸素プラズマとして基板３９方向に照射されるものを除いて、上記したアルゴンガス流に合流して主排気口４３から排出される。したがって、酸素ガス導入口３８から酸素ガスが常時導入されても、アルゴンガス流がその遮蔽効果を発揮してエアカーテンとなり、酸素ガスが基板３９やターゲット３４の近傍に残留することが抑制される。したがって、上記したターゲットの酸化や基板近傍の酸素分圧の増加などによる成膜速度の変化や膜質の変化が防止される。そして、これにより、基板３９上への堆積は上記した金属種成膜モードに保たれるので、比較的大きな成膜速度が確保されることになる。

【００４２】

さらに、本発明の薄膜形成装置３０においては、防着板３２で囲まれた空間内に補助的に、第１コンダクタンスバルブ４１を介した酸素ガス排出口４０を設けており、図外の制御系により、酸素ガス排出口４０と主排気口４３とによる差動排気を行うことで、酸素ガスの排出調整が行われ、ターゲットの酸化を確実に防止する。これは、スパッタガスの流量が少ない場合や、より低圧力でスパッタ成膜する場合に有利となる。上記した第１及び第２の両コンダクタンスバルブ４１、４２を調整する制御系は、あらかじめ、所定のアルゴンガス流量における酸素ガス流量と、この酸素ガス流量に応じて高速金属種成膜モードと低速化合物種成膜モードと中間成膜モードとの高中低速３モードに分類されるスパッタ成膜速度とを参照データとして記憶しており、上記した所定のスパッタガス流量下の成膜

時に、高速金属種成膜モードに対応する酸素ガス流量とアルゴンガス流量とを選択し、このように選択された酸素ガス及びアルゴンガスの両ガス流量比を保つようにこれらの流量を制御するようにしている。

【００４３】

なお、本酸素ガス排出口４０からは、スパッタガス流中のアルゴンガスも排気されるが、相対的に主排気口４３の排気能力が勝っているため、上記したアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口４３方向に確立されるアルゴンガス流路が大きく変動することはない。このような状況は、上記した０．３Ｐａでの定常圧力下のアルゴンガス１００ｓｃｃｍ及び酸素ガス５０ｓｃｃｍの流量において、例えば、主排気口４３に口径１２インチのクライオポンプ（図示せず）を接続し、酸素ガス排出口４０に口径６インチのターボ分子ポンプ３３を接続することにより実現される。

【００４４】

図５は、本発明の薄膜形成装置の第２態様を示す略断面図である。図３の薄膜形成装置３０と異なるのは、装置５０がインライン式成膜装置内の成膜室として構成されている点である。このようなインライン式成膜装置は、近年のプロセス工程の増加や基板大型化に伴い、多用される傾向にあり、本態様では、図５の紙面表裏方向に基板３９が搬送される。本発明装置は、従来例と異なり基板が移動しないため装置構成が簡便となりこのようなインライン化への転用も容易である。

【００４５】

図５のように構成された成膜室５０内で、基板３９上に$SiO_2$膜の成膜を行うに際しては、搬送方向（図５の紙面の表裏方向）より基板３９を搬入した後に、装置内部を所定の圧力状態とした後に、スパッタガス導入口３６より所定流量のアルゴンガスを導入すると共に、酸素ガス導入口３８より所定流量の酸素ガスを導入しながら、成膜室内の圧力を定常状態とする。このとき、図外の制御系で第２コンダクタンスバルブ５２を調整することにより、図３の装置３０の場合と同様に、アルゴンガスにより遮蔽効果が確立される。

【００４６】

そして、図外のＤＣ電源によりＳｉターゲット３４に所定電力を投入したうえでカソード３５を出力待機状態とし、マイクロ波ガン３７に接続するマイクロ波電源（図示せず）により所定電力を投入したうえでマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とする。

【００４７】

この状態で、上記の制御系により、カソード電源の作動による成膜工程とマイクロ波電源の作動による酸化工程とをそれぞれ所定時間ずつ交互に繰り返して行う。このとき、両工程に亘ってアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口５３方向にアルゴンガス流が確立される。酸素ガス導入口３８から導入される酸素ガスは、マイクロ波電源の作動によりマイクロ波に励起されて酸素プラズマとして基板３９方向に照射されるものを除いて、上記したアルゴンガス流に合流して主排気口５３から排出される。

【００４８】

即ち、酸素ガス導入口３８から酸素ガスが常時導入されても、アルゴンガス流が酸素ガスの遮蔽を行うエアカーテンとなり、上記したターゲットの酸化や基板近傍の酸素分圧の増加などによる成膜速度の変化や膜質の変化の防止が可能となる。さらに、これにより、金属種堆積モード特有の比較的高い成膜速度が確保されるのは図３の薄膜形成装置３０の場合と同様である。さらに、薄膜形成装置５０においても、防着板３２で囲まれた空間内に酸素ガス排出口４０を補助的に設けており、図外の制御系により、酸素ガス排出口４０及び主排気口５３の排気コンダクタンスを適宜調整することにより差動排気を行うことや、これにより酸素ガスの排出調整を行うこと、さらに、ターゲットの酸化防止が確実になることや、制御系により第１及び第２の両コンダクタンスバルブ４１、５２を調整することなども図３の薄膜形成装置３０と同様である。

【００４９】

なお、本第２の態様においても、図３の装置３０の場合と同様に固定成膜を行うものとしたが、インライン装置の搬送方向（図５の紙面表裏方向）に基板３９を搬送させながら

行う通過成膜を行うものとしても良い。このような対応を行うことにより、タクトタイムが短縮されたインライン式本来の効率的な成膜を行うことができる。

【００５０】

この種の通過成膜用のインライン装置の略断面図を、本発明の薄膜形成装置の第３態様として図６に示す。図５の薄膜形成装置５０と異なるのは、装置６０の主排気口６３がマイクロ波ガン３７の近傍の底面に設けられていることである。このようなインライン式成膜装置では、図６の紙面左右方向に基板３９が搬送される。

【００５１】

図６のように構成された成膜室６０内で、基板３９上に$SiO_2$膜の成膜を行うに際しては、仕切弁６４、６５を介して基板３９を搬入し、装置内部を所定の圧力状態とした後に、スパッタガス導入口３６より所定流量のアルゴンガスを導入すると共に、酸素ガス導入口３８より所定流量の酸素ガスを導入しながら、成膜室内の圧力を定常状態とする。このとき、図外の制御系で第２コンダクタンスバルブ６２を調整することにより、図５の装置５０の場合と同様に、アルゴンガスにより遮蔽効果が確立されている。

【００５２】

また、図外のＤＣ電源によりＳｉターゲット３４に所定電力を投入したうえでカソード３５を出力待機状態とし、マイクロ波ガン３７に接続するマイクロ波電源（図示せず）により所定電力を投入したうえでこのマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とする。

【００５３】

そして、紙面左右方向に搬送されて来た基板３９の先端が、ターゲット３４による仮想スパッタ粒子飛行領域と、マイクロ波ガン３７による仮想マイクロ波照射領域との重複領域に入り込んだ時点で、上記した制御系により、カソード電源の作動による成膜工程とマイクロ波電源の作動による酸化工程とをそれぞれ所定時間ずつ交互に繰り返して行う。そして、基板３９の後端が、上記の重複領域を通り抜けた時点で両工程を終了する。両工程中では、アルゴンガス導入口３６近傍から主排気口６３方向にアルゴンガス流が確立される。酸素ガス導入口３８から導入される酸素ガスは、マイクロ波電源の作動によりマイクロ波に励起されて酸素プラズマとして基板３９方向に照射されるものを除いて、上記したアルゴンガス流に合流して主排気口６３から排出されている。

【００５４】

このため、ターゲットの酸化や基板近傍の酸素分圧の増加などによる成膜速度の変化や膜質の変化の防止が可能となり、さらに、これにより、金属種堆積モード特有の比較的高い成膜速度が確保されるのは図５の薄膜形成装置５０の場合と同様である。さらに、図外の制御系により、酸素ガス排出口４０及び主排気口６３の排気コンダクタンスを適宜調整してターゲットの酸化防止を確実に行うことなども同様である。

【００５５】

図７は、本発明の第４態様を示す。図５の第２態様との違いは、酸化源たるボンバード電極７７を成膜室５０の側壁に設けて用いることである。

【００５６】

図７のように構成された成膜室５０内で、基板３９上に$SiO_2$膜の成膜を行うに際しては、搬送方向（図７の紙面表裏方向）より基板３９を搬入した後に、装置内部を所定圧力状態とし、スパッタガス導入口３６より所定流量のアルゴンガスを導入すると共に、酸素ガス導入口３８より所定流量の酸素ガスを導入しながら、成膜室内の圧力を定常状態とする。このとき、図外の制御系で第２コンダクタンスバルブ５２を調整することにより、図３の装置３０の場合と同様に、アルゴンガスにより遮蔽効果が確立されるまでは、図５の第２態様と同様である。

【００５７】

そして、ＤＣ電源によりＳｉターゲット３４に所定電力を投入したうえでカソード３５を出力待機状態とし、ボンバード電極７７接続するＲＦ電源（図示せず）により所定電力を投入したうえでボンバード電極７７を出力待機状態とする。

【００５８】

この状態で、上記の制御系により、ＲＦ電源の作動による酸化工程を持続的に維持しつつ、カソード電源の作動による成膜工程を間断を挟んで断続的に繰り返して行う。このとき、両工程に亘ってアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口５３方向にアルゴンガス流が確立される。酸素ガス導入口３８から導入される酸素ガスは、ＲＦ電源の作動により持続的に励起されて、ボンバード電極７７表面に酸素プラズマを発生し、プラズマで生じた原子状酸素または酸素イオンが基板３９の前面を通過する。この際に、断続的な成膜工程により基板３９上に堆積した極薄の金属膜（超薄膜）が、成膜工程の間断時に、一層ごとに酸化され、時間とともに所定の厚さの酸化膜を得る。

【００５９】

なお、スパッタ反応ガス導入口３８より導入するガスは、$O_3$ガス含有のものでも良い。

【００６０】

図８は、本発明の第５態様を示す。図６の第３態様との違いは、装置外のマイクロ波電源８３に連なるイオンガン８７を酸化源として基板３９の近接場所に設けていることである。なお、イオンガン８７には、反応ガス導入バルブ８２を介して$O_2$ガスを供給できるようにしている。そして、基板３９の裏側位置に、磁場発生用の磁場回路８０を配置した、等の点である。

【００６１】

図８のように構成された成膜室６０内で、基板３９上に$SiO_2$膜の成膜を行うに際しては、仕切弁６４、６５を介して基板３９を搬入し、装置内部を所定の圧力状態とした後に、スパッタガス導入口３６より所定流量のアルゴンガスを導入すると共に、酸素ガス導入バルブ８２を作動させて、所定流量の酸素ガスを導入しながら、成膜室内の圧力を定常状態とする。このとき、図外の制御系で第２コンダクタンスバルブ８１を調整することにより、アルゴンガスにより遮蔽効果が確立されるまでは、図６の第３態様と同様である。

【００６２】

また、図外のＤＣ電源によりＳｉターゲット３４に所定電力を投入したうえでカソード３５を出力待機状態とし、イオンガン８７に接続するマイクロ波電源８３により所定電力を投入したうえでこのイオンガン８７の照射を出力待機状態とする。

【００６３】

そして、紙面左右方向に搬送されて来た基板３９の先端が、ターゲット３４による仮想スパッタ粒子飛行領域と、イオンガン８７による仮想イオンガン照射領域との重複領域に入り込んだ時点で、上記の制御系により、マイクロ波電源８３及びイオンガン８７の作動によるＥＣＲ酸化工程を持続的に維持しつつ、カソード電源の作動による成膜工程を間断を挟んで断続的に繰り返して行う。このとき、両工程に亘ってアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口５３方向にアルゴンガス流が確立される。酸素ガス導入バルブ８２を介して導入される酸素ガスは、マイクロ波電源８３及びイオンガン８７の作動により持続的に励起されて、酸素のＥＣＲプラズマを発生し、ＥＣＲプラズマで生じた原子状酸素または酸素イオンが基板３９の前面を通過する。この際に、断続的な成膜工程により基板３９上に堆積した極薄の金属膜（超薄膜）が、成膜工程の間断時に、一層ごとに酸化され、時間とともに所定の厚さの酸化膜を得る。

【００６４】

図９は、本発明の第６態様を示す。図８の第５態様との違いは、装置外のＡＣ電源９０に連なる一対の$O_2$ガスノズル９８を酸化源として基板３９の近接場所に設けていることである。なお、ガスの吹出し方向は基板３９面へ吹き付けるようにガス穴が開けられており、ＡＣパワーが実際に印加されるのは、ガスノズル９８が設けられた２本の金属管３８を介してである。

【００６５】

そして、図８の第５態様と同様に、紙面左右方向に搬送されて来た基板３９の先端が、ターゲット３４による仮想スパッタ粒子飛行領域に入り込んだ時点で、上記の制御系により、ＡＣ電源９０の作動によるプラズマ酸化工程を持続的に維持しつつ、カソード電源の

作動による成膜工程を間断を挟んで断続的に繰り返して行う。このとき、両工程に亘ってアルゴンガス導入口３６近傍から主排気バルブ９１方向にアルゴンガス流が確立される。ガスノズル９８を介して導入される酸素ガスは、ＡＣ電源９０の作動により持続的に励起されて、酸素のプラズマを発生し、プラズマで生じた原子状酸素または酸素イオンが基板３９の前面を通過する。この際に、断続的な成膜工程により基板３９上に堆積した極薄の金属膜（超薄膜）が、成膜工程の間断時に、一層ごとに酸化され、時間とともに所定の厚さの酸化膜を得る。

【００６６】

なお、本実施の形態においては、形成される薄膜を$SiO_2$膜としたが本発明はこれに限定されるものでなく、$TiO_2$膜や$Ta_2O_5$膜などを形成するものとしても良いことは言うまでもない。これらの場合は、ターゲット３４の材質にＴｉやＴａを用いることになる。

【００６７】

さらに、本実施の形態において、酸化膜を形成するものとしたが、本発明はこれに限定せず例えば窒化膜などの成膜に適用しても良い。

【実施例１】

【００６８】

図３で示す装置３０において、ターゲット３４及びカソード３５に直径４インチのＳｉカソードを用いた。そして、装置３０内を０．３Ｐａでの定常圧力を保ちながら、記憶された参照データに基づいた制御系の指示により、スパッタガス導入口３６よりのアルゴンガス流量を１００ｓｃｃｍとし、酸素ガス導入口３８よりの酸素ガス流量を５０ｓｃｃｍとした。ＤＣ電源によりＳｉカソード３５へ１ｋＷの電力投入を行ったうえで出力待機状態とし、マイクロ波電源により０．５ｋＷの電力投入を行ったうえでマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とした。

【００６９】

そして、上記の制御系により、カソード電源の作動による成膜工程を、０．０５秒オンとこれに続く０．０４秒オフとで設定し、マイクロ波電源の作動による酸化工程を、０．０２秒オンとこれに続く０．０７秒オフとで設定し、両工程を交互に繰り返した（図１０参照）。このとき、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚は２Å成長した。そして、両工程の繰り返しを６０分間続けたところ、１２μｍの膜厚に成長した。

【００７０】

このときの薄膜を精査した結果、アモルファス膜構造であることが分った。また、この薄膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数$3\times10^{-4}$の良好な光学薄膜（$SiO_2$膜）であった。

[比較例１]

酸素ガス導入口３８よりの酸素ガス流量を変更した以外は、[実施例１]と同様にして薄膜（$SiO_2$膜）を形成した。

【００７１】

このときの各酸素ガス流量において、図３の装置３０内のイオンゲージ設置場所Ａ及びＢでの圧力測定値を下記[表１]に示す。

【００７２】

【表１】

| Ar流量 (sccm) | $O_2$流量 (sccm) | I/G A (Pa) | I/G B (Pa) |
|---|---|---|---|
| 100 | 0 | 0.28 | 0.1 |
| 100 | 25 | 0.29 | 0.2 |
| 100 | 50 | 0.30 | 0.3 |
| 100 | 100 | 0.40 | 0.5 |
| 100 | 150 | 0.60 | 0.8 |

【００７３】

[表１]より、酸素ガス流量が５０ｓｃｃｍ以下であると、イオンゲージ設置場所Ａ及びＢの差圧を十分に確保できていることが分る。これは、アルゴンガス流がアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口４３方向に確立され、アルゴンによる酸素ガスの遮蔽効果が十分発揮されることを示す。

【００７４】

[実施例１]と[比較例１]との比較検討により、本発明の薄膜形成装置を用いた成膜方法では、アルゴンガス流による酸素ガスの遮蔽効果が発揮され、金属ターゲット表面状態のまま薄膜の堆積が行われ、この堆積膜に対し酸化反応が浸透して結果的に酸化膜として形成されたことが推測される。即ち、金属膜形成時の大きな成膜速度を保って成膜が進行するため、本発明方法により、比較的高速の成膜が可能であると言える。

【実施例２】

【００７５】

図５で示す装置５０において、ターゲット３４及びカソード３５に５×１６インチのＳｉカソードを用い、スパッタ成膜室５０内を０．３Ｐａの定常圧力に保ちながら、記憶された参照データに基づいた制御系の指示により、スパッタガス導入口３６よりのアルゴンガス流量を１００ｓｃｃｍとし、酸素ガス導入口３８よりの酸素ガス（１０容量％$O_3$ガス含有）を流量を５０ｓｃｃｍとした。ＤＣ電源によりＳｉカソード３５へ５ｋＷの電力投入を行ったうえで出力待機状態とし、マイクロ波電源により２．０ｋＷの電力投入を行ったうえでマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とした。

【００７６】

そして、上記の制御系により、カソード電源の作動による成膜工程を、０．０５秒オンとこれに続く０．０４秒オフとで設定し、マイクロ波電源の作動による酸化工程を、０．０２秒オンとこれに続く０．０７秒オフとで設定し、両工程を交互に繰り返し（図１０参照）、[実施例１]と同様に、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚を２Å成長させるようにした。そして、この状態で、基板３９の搬送キャリア（図示せず）を速度１ｍ／ｍｉｎ．で搬送させながら成膜を行った。このときの薄膜を精査した結果、アモルファス膜構造であることが分った。また、この薄膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数$3\times10^{-4}$の良好な光学薄膜（$SiO_2$膜）であった。

【実施例３】

【００７７】

図７で示す装置５０において、ターゲット３４及びカソード３５に５×１６インチのＳｉカソードを用い、スパッタ成膜室５０内を０．３Ｐａの定常圧力に保ちながら、記憶された参照データに基づいた制御系の指示により、スパッタガス導入口３６よりのアルゴンガス流量を１００ｓｃｃｍとし、酸素ガス導入口３８よりの酸素ガス流量を５０ｓｃｃｍとした。図外のＤＣ電源によりＳｉカソード３５へ５ｋＷの電力投入を行ったうえで出力待機状態とし、ＲＦ電源により２．０ｋＷの電力投入を行ったうえでボンバード電極７７を出力待機状態とした。

【００７８】

そして、上記の制御系により、ＲＦ電源により一定電力（２ｋＷ）を印加してボンバー

ド電極７７のを持続的に作動させる。そして、カソード電源の作動による成膜工程を、０．０５秒オンとこれに続く０．０４秒オフ（間断）とで設定し、繰り返し（図１１参照）、[実施例１]と同様に、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚を２Å成長させるようにした。最終的に得られる化合物膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数$7\times10^{-4}$の良好な光学薄膜（$SiO_2$膜）であった。

【実施例４】

【００７９】

図８で示す装置６０において、上記したように、カソード３５及びイオンガン８７を出力待機状態とした後、制御系により、マイクロ波電源８３により一定電力（２ｋＷ）を印加してイオンガン８７を持続的に作動させる。そして、１ｋＷのカソード電源の作動による成膜工程を、０．０５秒オンとこれに続く０．０４秒オフ（間断）とで設定し、繰り返し（図１２参照）、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚を２Å成長させるようにした。最終的に得られる化合物膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数$2\times10^{-4}$の良好な光学薄膜（$SiO_2$膜）であった。

【実施例５】

【００８０】

図９で示す装置６０において、上記の制御系により、１０ｋＨｚのＡＣ電源９０により一対の金属管３８に一定電力を印加して酸素プラズマを発生させる。そして、２ｋＷのカソード電源の作動による成膜工程を、０．０５秒オンとこれに続く０．０４秒オフ（間断）とで設定し、繰り返し、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚を３Å成長させるようにした。最終的に得られる化合物膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数$6\times10^{-4}$の良好な光学薄膜（$SiO_2$膜）であった。なお、このような成膜工程を４０分間行ったところ、膜厚は１２μｍであった。

【００８１】

[比較例２]

[実施例５]における、カソード電源のオン／オフ時間（０．０５秒オン／０．０４秒オフ）を変更し、常時オンとしたところ、得られる化合物膜は、吸収が大きく所望の透明性が得られなかった。これは、酸化工程を断続的に介在させる[実施例５]と異なり、金属スパッタ粒子が連続して基板に付着するので酸化が間に合わないことが原因である。

【００８２】

[比較例３]

[実施例５]における、カソード電源のオン／オフ時間（０．０５秒オン／０．０４秒オフ）を変更し、オン時間を、０．５秒としてオン、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚を３０Å成長させるようにしたところ、屈折率１．５２、消衰係数$8\times10^{-2}$と吸収の多い膜になった。これは、[実施例５]と比べて金属スパッタ粒子が多すぎて酸化が間に合わないので、$SiO_2$膜と金属Ｓｉ膜が混じってしまったことが原因である。

【００８３】

[比較例４]

[実施例５]における、カソード電源（２ｋＷ）の印加電力を変化させ、カソードパワー０．５ｋＷとした。さらに、カソード電源のオン／オフ時間（０．０５秒オン／０．０４秒オフ）を変更し、オン時間０．２秒／オフ時間０．０４秒とし、さらに、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚を３Å成長させるように４０分間成膜を行ったところ、最終的に得られる化合物膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数$4\times10^{-4}$の透明な光学薄膜（$SiO_2$膜）であった。

【００８４】

しかしながら、膜厚は５．０μｍに亘り、成膜速度が極端に遅いことが判明した。これは、スパッターゲット上にはある程度の酸素ガスが存在してしまう。スパッタパワーが高い場合、ターゲット表面がごく薄く酸化してもＡｒで強くスパッタするため、酸化膜が常に除去され続けるのでメタルモードでの成膜が可能であるが、パワーが弱い場合は、ターゲット表面が酸化されたままなのでいわゆるオキサイドモードのままスパッタが行われ

、その結果、得られる薄膜は透明なＳｉ$O_2$であるが、成膜速度が低下するという弊害を伴うことを示す。

【実施例６】

【００８５】

[実施例５]におけるカソード電源（２ｋＷ）の印加電力を変化させ、カソードパワー４．０ｋＷとした。さらに、カソード電源のオン／オフ時間（０．０５秒オン／０．０４秒オフ）を変更し、オン時間０．０２５秒／オフ時間０．０６５秒とし、さらに、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚を３Å成長させるように４０分間成膜を行ったところ、最終的に得られる化合物膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数$5\times10^{-4}$の透明な光学薄膜（Ｓｉ$O_2$膜）であった。なお、このような成膜工程を４０分間行ったところ、膜厚は２４μｍであった。

【００８６】

これは、１回の成膜工程あたりの膜厚が３Åなので、充分酸化でき、かつ、１回あたりオン時間（０．０５秒）が[実施例５]の半分（０．０２５秒）で同じく３Åずつ成膜できているので成膜速度が２倍得られたことを示す。

【産業上の利用可能性】

【００８７】

本発明は、高い成膜速度での成膜を要する光学薄膜分野に重要である。

【図面の簡単な説明】

【００８８】

【図１】カルーセル式による従来の薄膜形成装置の略断面図

【図２】基板回転式による従来の薄膜形成装置の略断面図

【図３】本発明の薄膜形成装置の第１態様の略断面図

【図４】アルゴンガス所定流量下での酸素ガス流量と成膜速度との相関を示すグラフ図

【図５】本発明の薄膜形成装置の第２態様の略断面図

【図６】本発明の薄膜形成装置の第３態様の略断面図

【図７】本発明の薄膜形成装置の第４態様の略断面図

【図８】本発明の薄膜形成装置の第５態様の略断面図

【図９】本発明の薄膜形成装置の第６態様の略断面図

【図１０】本発明[実施例１]における成膜工程及び酸化工程の工程サイクル図

【図１１】本発明[実施例３]における成膜工程及び酸化工程の工程サイクル図

【図１２】本発明[実施例４]における成膜工程及び酸化工程の工程サイクル図

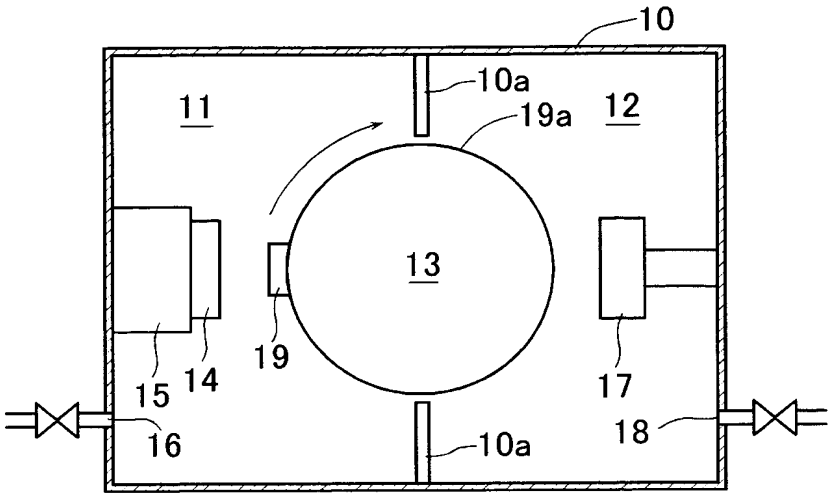
【符号の説明】

【００８９】

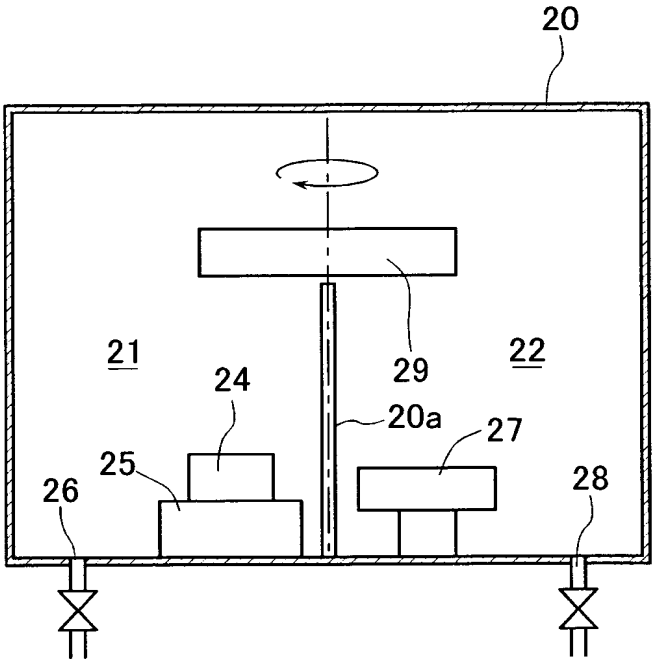
１０　２０　３０　５０　６０　　薄膜形成装置
１４　２４　３４　　ターゲット
１５　２５　３５　　スパッタカソード
１６　２６　３６　　スパッタガス導入口
１７　２７　３７　　マイクロ波プラズマ発生装置（マイクロ波ガン）
１８　２８　３８　　反応ガス導入口
１９　２９　３９　　基板
４０　　反応ガス排出口
４１　　第１コンダクタンスバルブ（コンダクタンス調整弁）
４２　５２　６２　８１　９１　　第２コンダクタンスバルブ（コンダクタンス調整弁）
４３　５３　６３　　主排気口
７７　　ボンバード電極
８２　　酸素ガス導入バルブ
８３　　マイクロ波電源

８７　　イオンガン

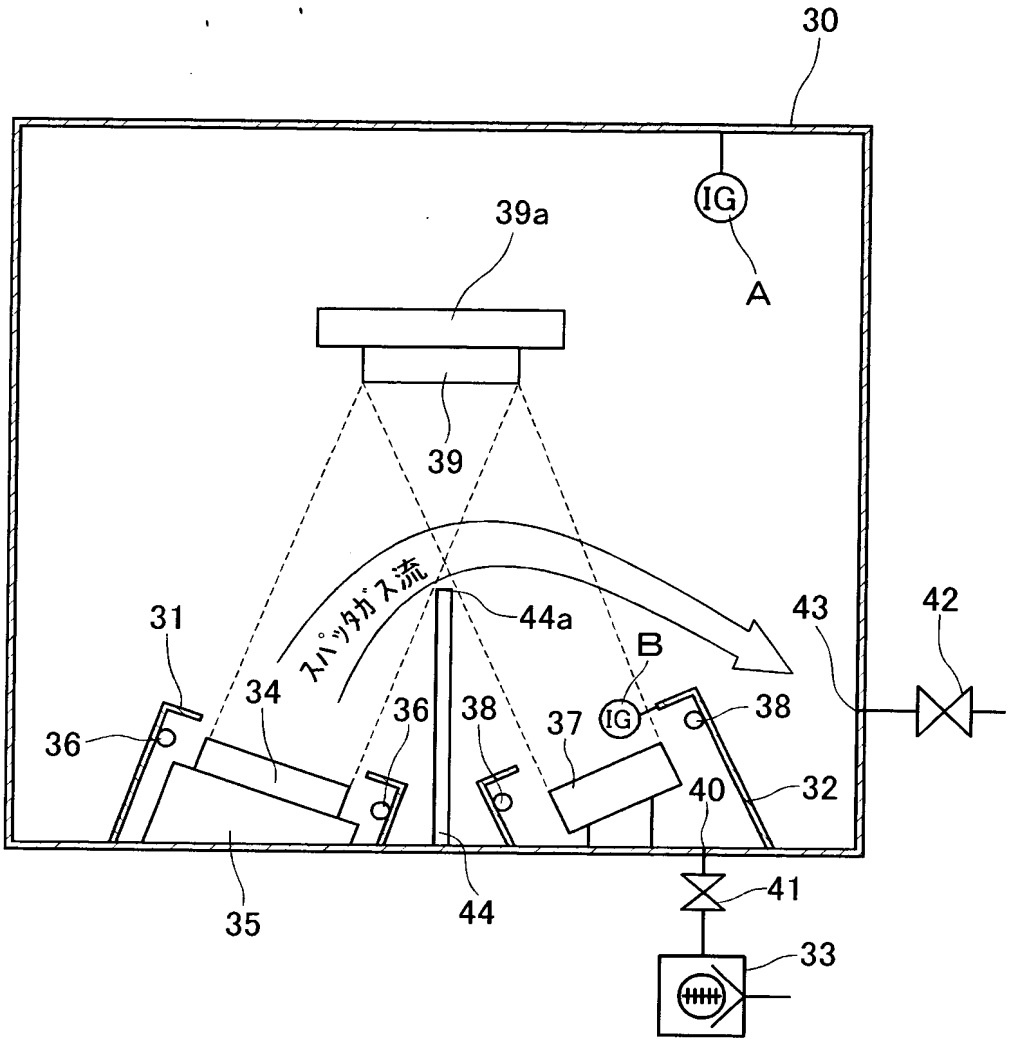
【書類名】図面
【図１】


10
10a
11
19a
12
13
19
15
14
17
16
10a
18

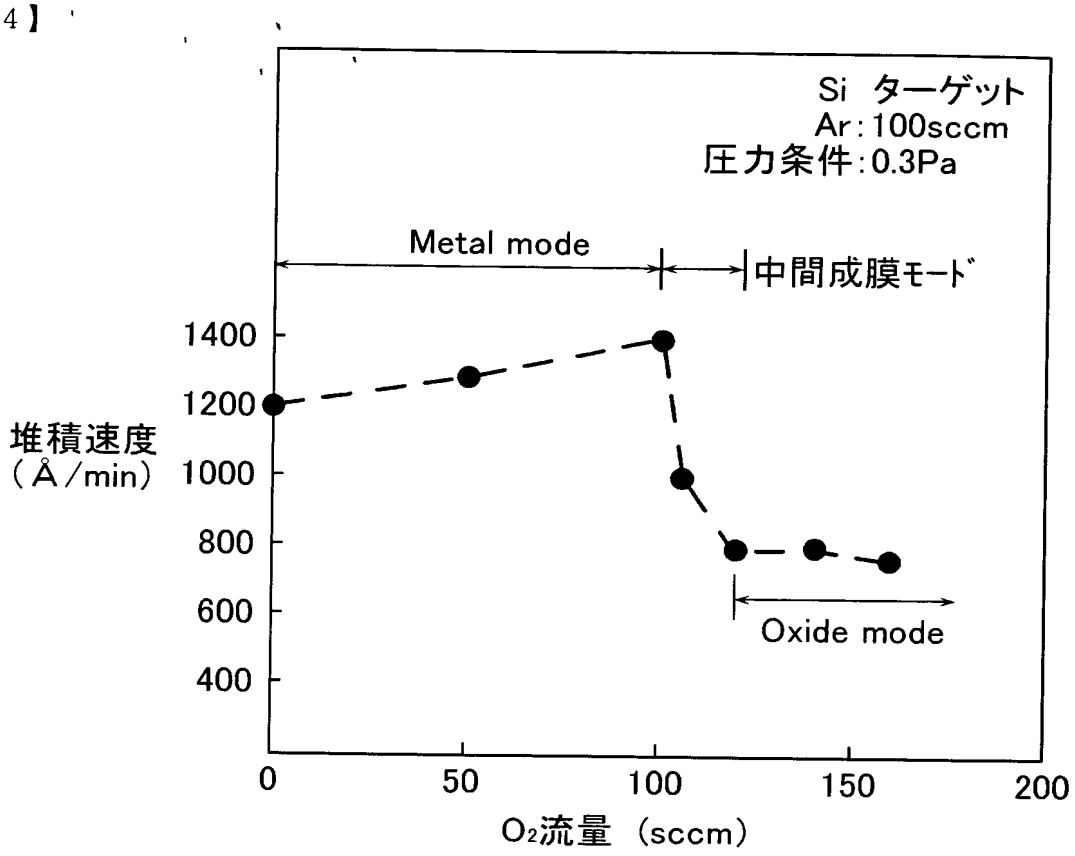
【図２】


20
21
29
22
24
20a
27
25
26
28

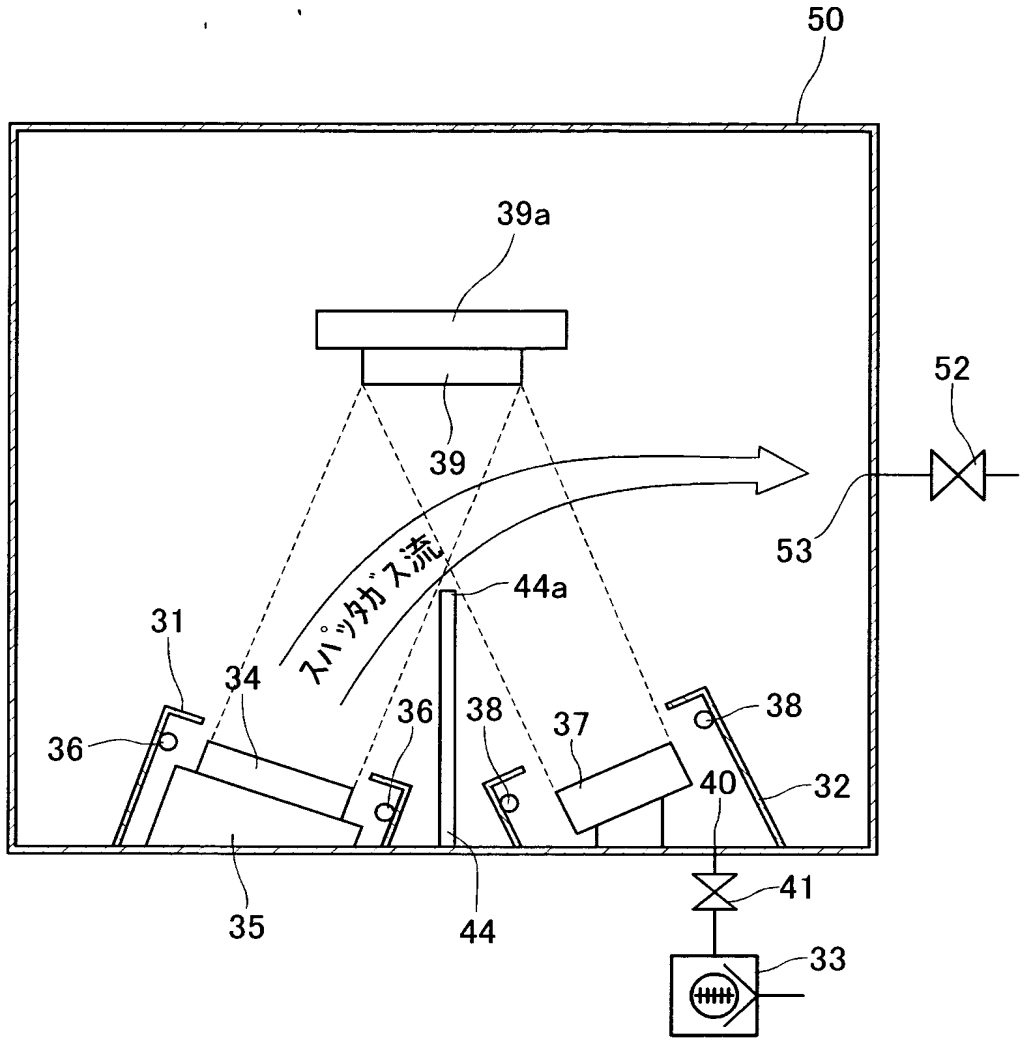
【図３】


30
IG
A
39a
39
スパッタガス流
44a
31
34
36
36
38
37
B
IG
38
43
42
40
32
41
33
35
44

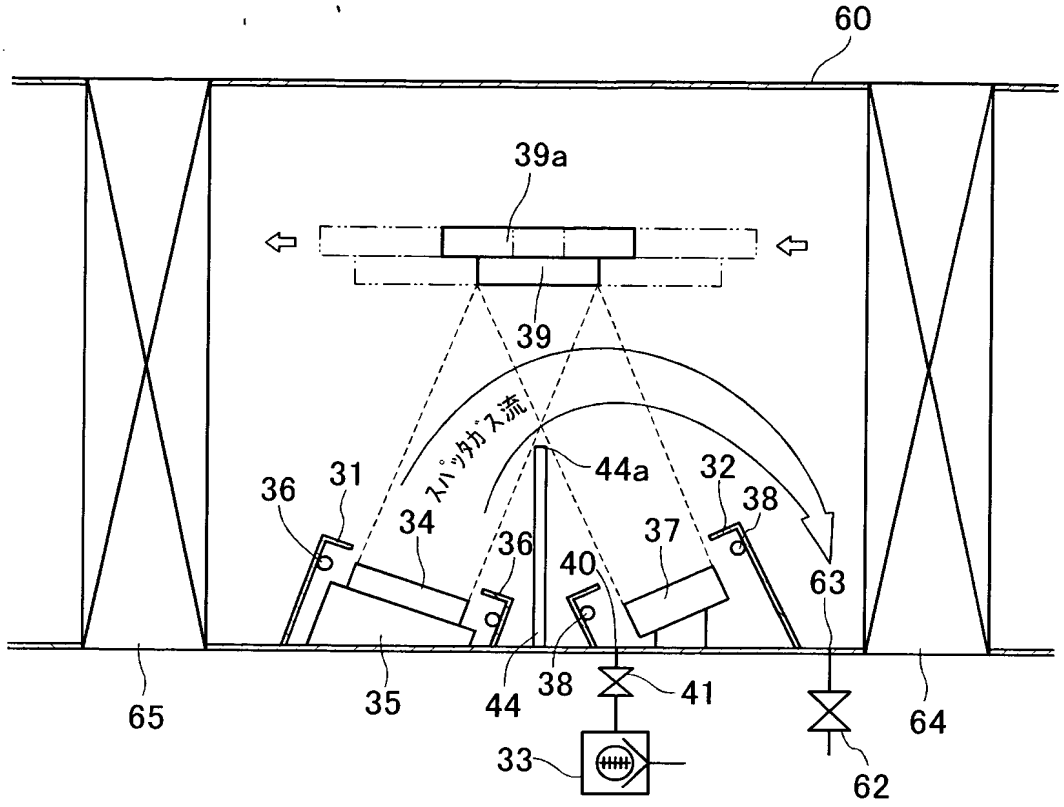
【図４】


Si ターゲット
Ar:100sccm
圧力条件:0.3Pa
Metal mode
中間成膜モード
Oxide mode
堆積速度
(Å/min)
1400
1200
1000
800
600
400
0
50
100
150
200
O2流量 (sccm)

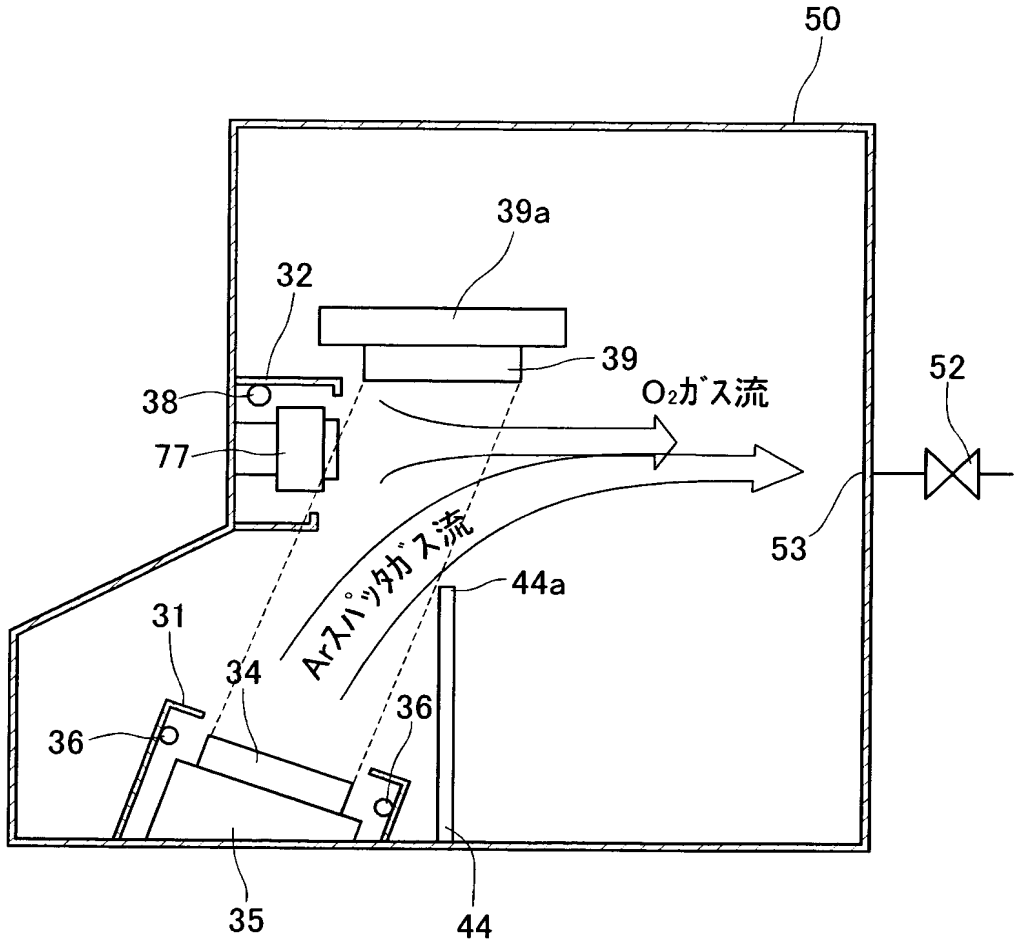
【図５】



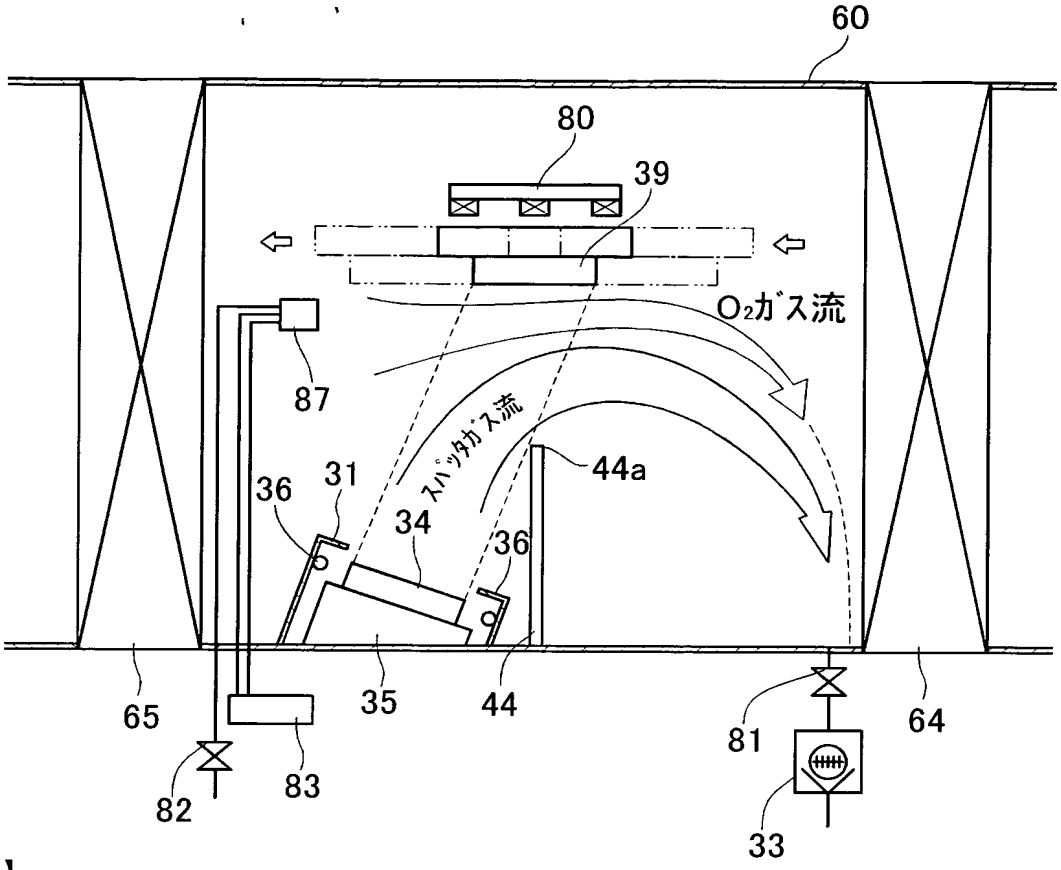
【図６】


60
39a
39
スパッタガス流
44a
36
31
34
36
40
37
32
38
63
65
35
44
38
41
64
33
62

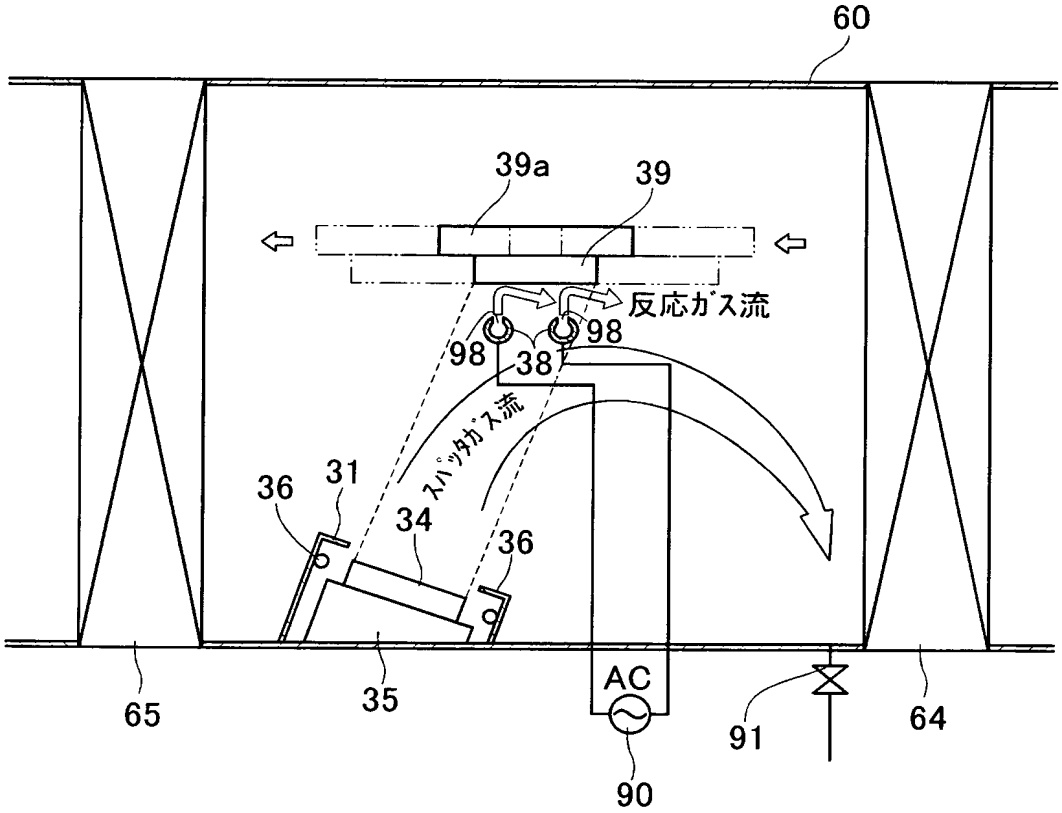
【図７】


50
39a
32
39
38
O₂ガス流
52
77
53
Arスパッタガス流
44a
31
34
36
36
35
44

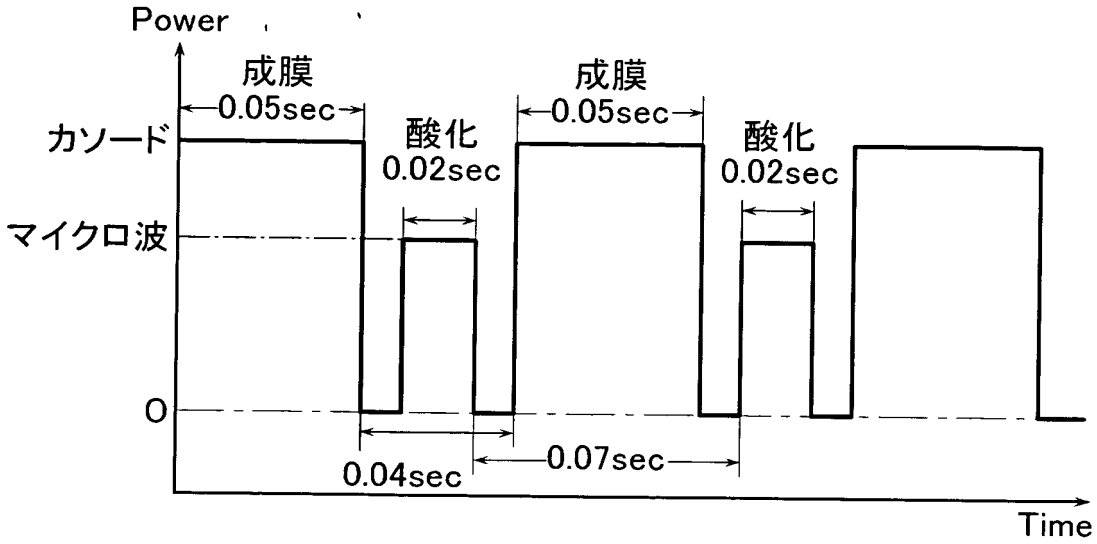
【図８】


60
80
39
O2ガス流
87
スパッタガス流
44a
36
31
34
36
65
35
44
81
64
82
83
33

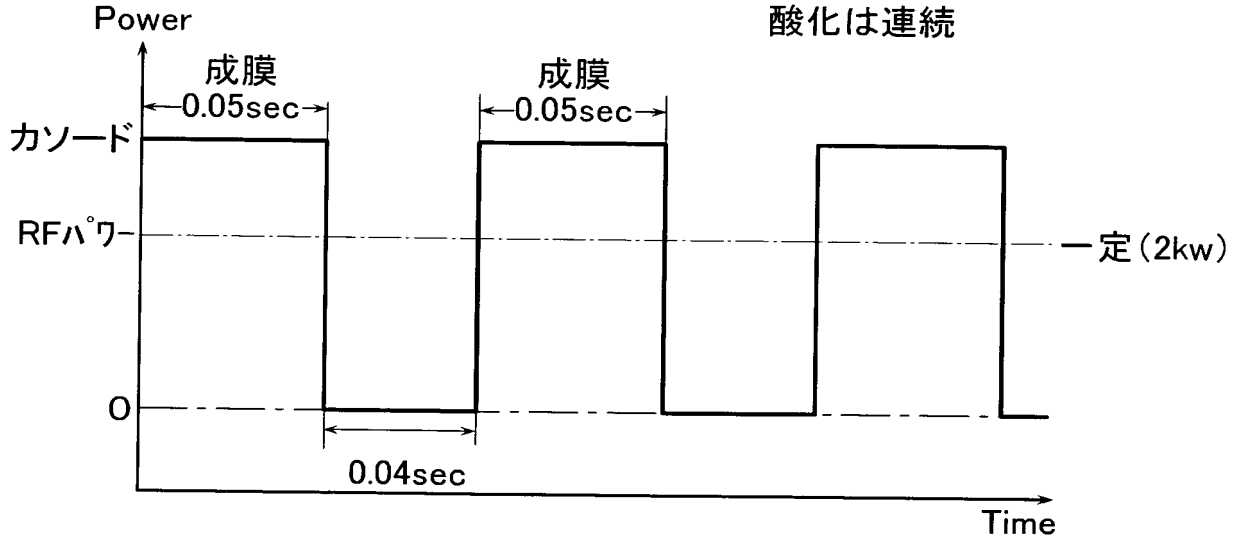
【図９】


60
39a
39
反応ガス流
98
98
38
スパッタガス流
36
31
34
36
65
35
AC
91
64
90

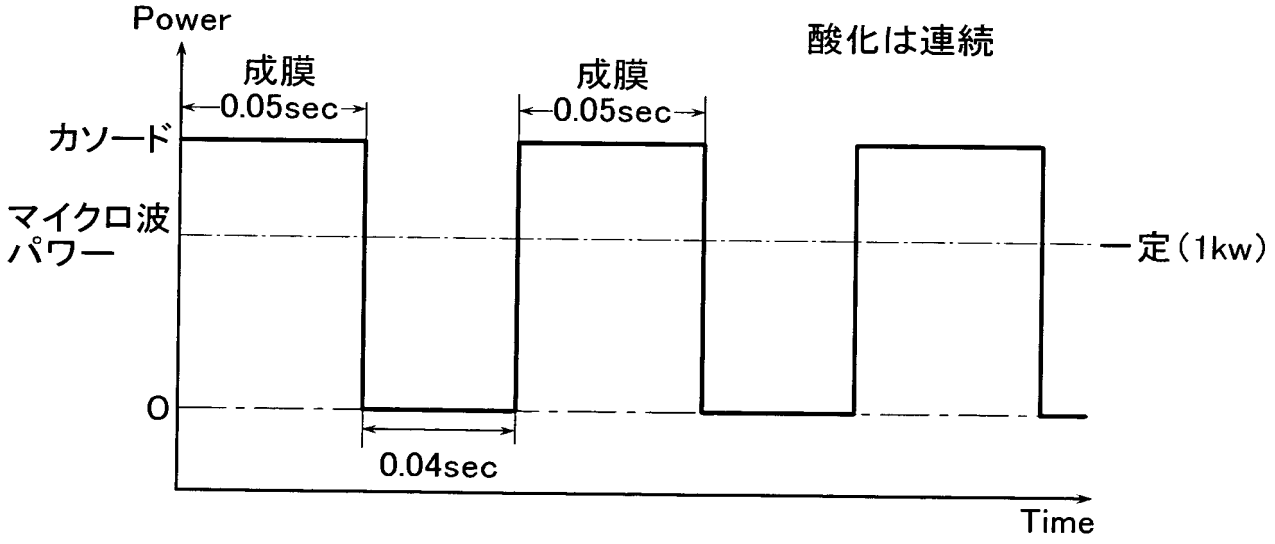
【図１０】


Power
成膜
0.05sec
酸化
0.02sec
成膜
0.05sec
酸化
0.02sec
カソード
マイクロ波
0
0.04sec
0.07sec
Time

【図１１】


Power
酸化は連続
成膜
0.05sec
成膜
0.05sec
カソード
RFパワー
一定（2kw）
0
0.04sec
Time

【図１２】


Power
酸化は連続
成膜
0.05sec
成膜
0.05sec
カソード
マイクロ波
パワー
一定（1kw）
0
0.04sec
Time

【書類名】要約書
【要約】
【課題】信頼性に優れた成膜を効率的に行い得る薄膜形成装置及びこれを用いたときの薄膜形成方法を提供する。
【解決手段】ともに基板３９に対向するターゲット３４とマイクロ波ガン３７との両原料供給源を真空室３０内に設け、主排気口４３を両原料供給源のうちマイクロ波ガン３７寄りに配設し、制御系により、あらかじめ、所定のアルゴンガス流量における酸素ガス流量と、該酸素ガス流量に応じて高速金属種成膜モードと低速化合物種成膜モードと中間成膜モードとの高中低速３モードから成るスパッタ成膜速度とを参照データとして記憶し、所定のアルゴンガス流量下の成膜時に、高速金属種成膜モードに対応する酸素ガス流量とアルゴンガス流量とを選択し、該選択された酸素ガス及びアルゴンガスの両ガス流量比を保つように該両ガス流量を制御し、また、酸素ガス導入口３８と酸素排出口４０とを近設したマイクロ波ガン３７を作動させる反応工程とアルゴンガス導入口３６を近設したスパッタターゲット３４を作動させる成膜工程とを交互に行うことにより、パルス状の成膜工程を実行する。
【選択図】図３

特願２００３－２７１２９８

# 出　願　人　履　歴　情　報

識別番号　　［０００２３１４６４］

１．変更年月日　　２００１年　７月１８日
［変更理由］　　名称変更
住　所　　神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００番地
氏　名　　株式会社アルバック